

УДК 004.94

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ МУЗЫКАЛЬНОЙ СТУДИИ ЗВУКОЗАПИСИ СРЕДСТВАМИ GPSS WORLD**

студент **Маликов Артем Викторович**,

науч. руководитель: к. т. н., доцент

**Гахова Нина Николаевна**,

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет, г. Белгород, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается имитационное моделирование процесса работы музыкальной студии звукозаписи с использованием системы GPSS World. Смоделирован полный цикл обслуживания клиентов, включающий этапы записи, сведения и мастеринга аудио-материала. Проведён анализ загрузки ресурсов, времени ожидания в очередях и распределения времени обработки заявок. На основе полученных результатов предложены изменения архитектуры модели, позволившие устранить узкие места и повысить производительность системы.

Ключевые слова: имитационное моделирование, GPSS World, музыкальная студия, очереди, ресурсы, оптимизация процессов.

## **SIMULATION MODELING OF THE CUSTOMER SERVICE PROCESS IN A MUSIC STUDIO USING GPSS WORLD**

Student **Malikov Artyom Viktorovich**,

Academic Advisor: *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**Gakhova Nina Nikolaevna**

*Belgorod State National Research University,  
Russia, Belgorod*

Abstract. The article focuses on simulation modeling of a music recording studio operation process using GPSS World. The full client service cycle is modeled, including recording, mixing, and mastering stages. Resource utilization, queue waiting times, and processing time distributions are analyzed. Based on the simulation results, architectural improvements are proposed to eliminate bottlenecks and improve system performance.

Key words: simulation modeling, GPSS World, music recording studio, queues, resources, optimization.

С развитием музыкальной индустрии и ростом спроса на услуги звукозаписи возрастает необходимость эффективной организации работы студий звукозаписи. Современные студии обрабатывают большое количество заказов, включающих различные этапы аудиообработки, такие как запись,

сведение и мастеринг. Неравномерная загрузка оборудования и ограниченность ресурсов могут приводить к образованию очередей и снижению пропускной способности системы.

Одним из эффективных инструментов анализа и оптимизации таких процессов является имитационное моделирование. Оно позволяет воспроизвести поведение реальной системы, оценить её характеристики и выявить узкие места без вмешательства в реальный производственный процесс. В данной работе для моделирования используется среда GPSS World, широко применяемая для анализа дискретно-событийных систем [1, 2].

Целью данной статьи является моделирование процесса работы музыкальной студии звукозаписи, анализ её производительности и оценка эффективности работы.

В рамках исследования смоделирована работа музыкальной студии звукозаписи, в которую поступают клиенты для выполнения аудиообработки. Обслуживание осуществляется последовательно, однако часть заказов может завершаться на промежуточных этапах.

Студия включает три функциональных модуля:

- модуль записи (Recording) – выполнение записи аудио-материала;
- модуль сведения (Mixing) – обработка и сведение аудиодорожек;
- модуль мастеринга (Mastering) – финальная подготовка звукового материала.

Характеристики работы модулей заданы следующим образом:

- запись выполняется за  $40 \pm 10$  минут, после чего 95% заказов переходят к сведению, а 5% завершаются;
- сведение выполняется за  $60 \pm 15$  минут, при этом 85% проектов направляются на мастеринг, а 5% завершаются;
- мастеринг выполняется за  $30 \pm 8$  минут, после чего обслуживание клиента полностью завершается.

Моделирование проводится для рабочего дня продолжительностью 12 часов (720 минут). Для каждого модуля изначально предусматривалось одно рабочее место.

Основными целями моделирования являются:

- определение среднего времени ожидания в очередях;
- анализ загрузки ресурсов;
- построение распределений времени обработки;
- выявление и устранение узких мест системы [3].

По результатам моделирования был получен отчет по модели музыкальной студии звукозаписи, основные показатели которого представлены на рисунке 1.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
RECORD_QUEUE	1	0	39	35	0.012	0.217	2.117	0
MIX_QUEUE	1	0	37	37	0.000	0.000	0.000	0
MASTER_QUEUE	1	0	35	34	0.001	0.011	0.379	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
RECORD	2	0	0	2	39	1	1.628	0.814	0	0
MIX	3	1	0	3	37	1	1.755	0.585	0	0
MASTER	2	1	0	2	35	1	0.960	0.480	0	0

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY	CUM.%
TIME_RECORD	0.217	0.700	-	0	35	89.74
			0.000	10.000	4	100.00
TIME_MIX	0.000	0.000	-	0	37	100.00
TIME_MASTER	0.011	0.064	-	0	34	97.14
			0.000	10.000	1	100.00

Рисунок 1 – Основные результаты моделирования

Отчет по занятости модуля записи (RECORD) показывает, что за время моделирования было обработано 39 заявок. Загруженность ресурса составила 81,4%, что свидетельствует о достаточно высокой, но допустимой нагрузке без перегрузки оборудования. Средняя длина очереди равна 0,012 заявок, а среднее время ожидания в очереди составляет 0,217 минут. Таким образом, очередь практически отсутствует, а задержки носят незначительный характер, что указывает на стабильную работу модуля после оптимизации.

Отчет по занятости модуля сведения (MIX) показывает, что было обработано 37 заявок при загрузке ресурса 58,5%. Очереди в данном модуле отсутствуют, среднее время ожидания составляет 0 минут. Это свидетельствует о наличии запаса производительности и о том, что модуль сведения не оказывает сдерживающего влияния на общий поток заявок в системе.

Отчет по занятости модуля мастеринга (MASTER) показывает, что обработано 35 заявок, а загрузка ресурса составила 48%. Средняя длина очереди равна 0,001 заявок, а среднее время ожидания – 0,011 минут. После перераспределения потока и добавления дополнительного ресурса задержки в данном модуле были практически полностью устранены.

Таким образом, доработанная модель музыкальной студии звукозаписи функционирует корректно и сбалансировано. Перегрузки ресурсов отсутствуют, очереди минимальны, а распределение нагрузки между модулями является равномерным. Для более наглядного анализа временных характеристик работы системы были построены гистограммы распределения времени ожидания заявок на каждом этапе обработки.

На рисунке 2 представлена гистограмма распределения времени обработки на этапе записи.

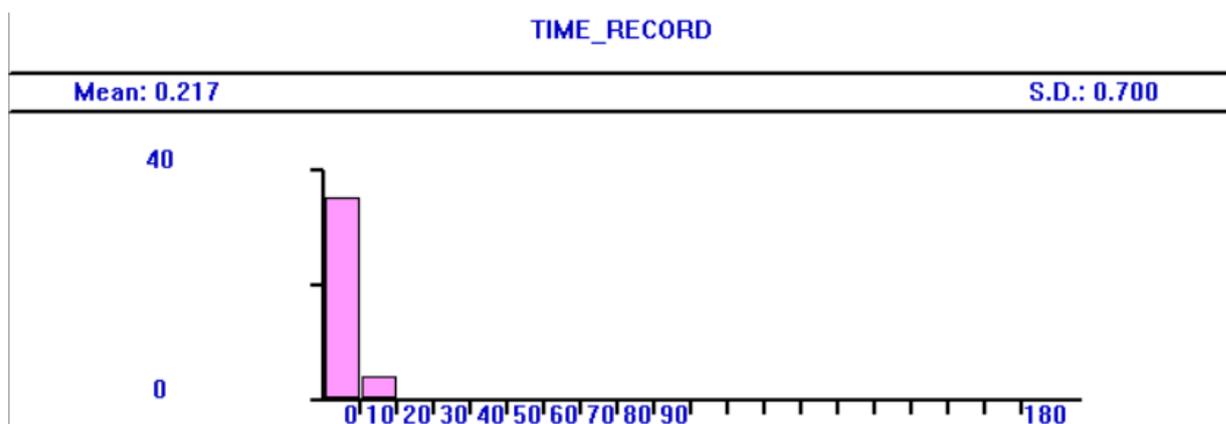


Рисунок 2 – Распределение времени записи

По графику можно сделать следующие выводы:

- 89,7% заявок обрабатываются без ожидания;
- 10,3% заявок требуют до 10 минут;
- максимальное время обработки не превышает 10 минут.

Среднее время ожидания составляет 0,217 мин., очередь практически отсутствует.

На рисунке 3 представлена гистограмма распределения времени обработки на этапе сведения.

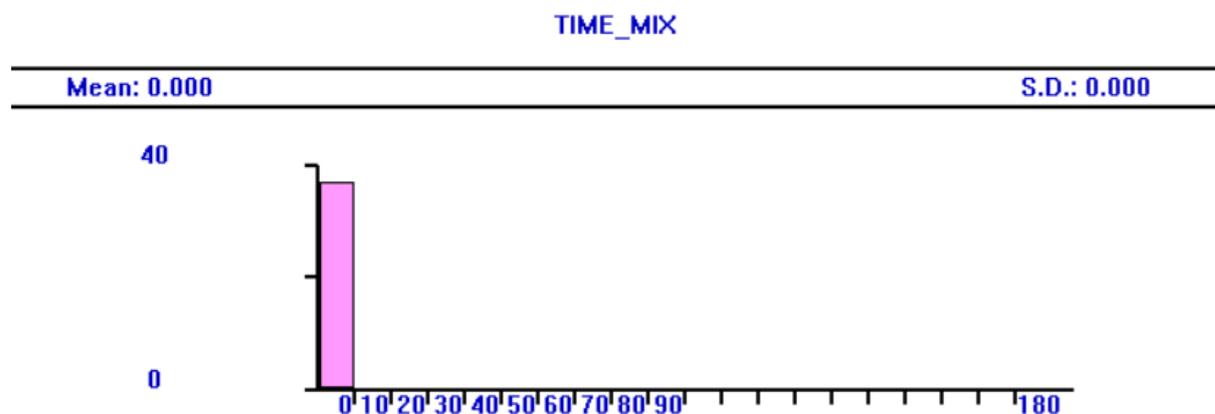


Рисунок 3 – Распределение времени сведения

Анализ графика показывает:

- 100% заявок обрабатываются без ожидания;
- все операции выполняются мгновенно;
- среднее время ожидания равно 0 мин.

Это указывает на полное устранение задержек в модуле.

На рисунке 4 представлена гистограмма распределения времени обработки на этапе мастеринга.

Mean: 0.011

S.D.: 0.064

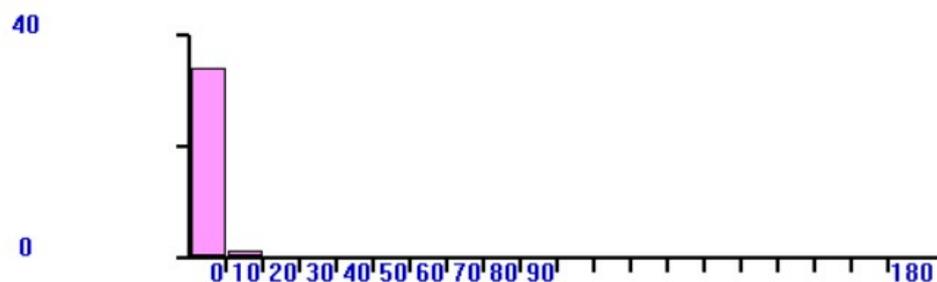


Рисунок 4 – Распределение времени мастеринга

По графику можно сделать выводы:

- 97,1% заявок обрабатываются без ожидания;
- 2,9% заявок требуют до 10 минут;
- среднее время ожидания составляет 0,011 мин.

Соответственно, максимальное время принятия решений не превышает 10 единиц времени, а среднее – 0,011 единиц времени.

Таким образом, разработанная модель успешно имитирует процесс работы музыкальной студии звукозаписи, позволяя выявить и устранить узкие места системы. Построенные гистограммы распределения времени обработки подтверждают снижение задержек и позволяют определить направления для дальнейшего повышения производительности системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ РЕСУРСОВ

1) Devyatkov, B. B., Devyatkov, T. B., Fedotov, M. B. GPSS Studio: Synergy of modelling power and research complexity [Электронный ресурс] // Proceedings of the 33rd European Modeling & Simulation Symposium (EMSS 2021). – 2021. – С. 241–246. – DOI:10.46354/i3m.2021.emss.033 – URL: <https://www.cal-tek.eu/proceedings/i3m/2021/emss/033> (дата обращения: 27.11.2025).

2) Нейрус, С. К., Навацкая, В. А., Афанасьев, М. П. Исследование структурных подразделений промышленных предприятий с помощью систем массового обслуживания [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 12 (126). – DOI: 10.23670/IRJ.2022.126.32 – URL: <https://research-journal.org/archive/12-126-2022-december/10.23670/IRJ.2022.126.32> (дата обращения: 27.11.2025).

3) Польшинко, С. В., Аверьянов, В. Т. Методический подход к использованию имитационного моделирования технологических процессов на языке GPSS World [Электронный ресурс] // Научно-аналитический журнал ИГПС. – 2025. – URL: [https://igps.ru/Content/publication/documents/3-11\\_637515742567848516.pdf](https://igps.ru/Content/publication/documents/3-11_637515742567848516.pdf) (дата обращения: 27.11.2025).